ChinaXiv合作期刊

基于眼动追踪的动态任务评估脑卒中后单侧空间忽略的初步研究

杨宇轩，张晗，杜娟，等. 基于眼动追踪的动态任务评估脑卒中后单侧空间忽略的初步研究［J］. 中国全科医学，2022. ［Epub ahead of print］. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0791.

杨宇轩 [1] 张晗 [1] 杜娟 [1] 王玲玲 [2] 谢玉磊 [2] 尹开明 [1] 张波 [1*]

1. 637000 四川 南充，川北医学院第二临床医学院·南充市中心医院康复医学科
2. 637000 四川 南充，川北医学院附属医院康复医学科
*通信作者: 张波，主任医师，硕士生导师；E-mail: 79915726@qq.com

【摘要】 **背景** 单侧空间忽略（USN）是脑卒中后常见的认知障碍之一，严重影响患者的功能恢复和生活质量。因此，客观地评估对于促进患者功能恢复至关重要。**目的** 基于眼动追踪的技术正在被尝试作为新型的评估手段，在此，我们尝试探究基于眼动追踪的动态任务来评估亚急性期脑卒中患者单侧空间忽略的可行性。**方法** 2021 年 9 月到 2022 年 7 月于南充市中心医院康复医学科招募了 30 名脑卒中亚急性期住院患者，对患者进行 USN 临床量表（行为不集中测试的常规分项和凯瑟琳波哥量表）和基于眼动追踪的动态任务评估，对于评估结果进行相关性分析。**结果** 左侧 USN 患者在右侧屏幕注视点占比明显高于非 UNS 患者 （Z=-4.776，p=0.000），且左侧 USN 患者左右侧屏幕间注视点占比存在显著性差异（Z=-3.49，p=0.000）；行为不集中测试的常规分项（BIT-C）和基于眼动追踪的动态任务评估在 USN 患者的检出结果上表现出了高度的一致（Kappa=0.933，P=0.000）；Pearson 相关性分析显示，右侧注视点占比与 BIT-C 总分存在显著的负相关（r=-0.955，p=0.000）。凯瑟琳波哥量表（CBS）与基于眼动追踪的动态任务对患者是否为 USN 的评估结果具有较高的一致性（Kappa=0.867，P=0.000）。**结论** 基于眼动追踪的动态任务来评估 USN 是可行的，其评估结果与 BIT-C 和 CBS 评估结果具有较高的一致性，且评估过程耗时较少，患者参与度高、积极性强，可以作为标准 USN 评估的一种补充。

【关键词】 脑卒中；单侧空间忽略；眼动追踪；动态任务；可行性研究

A Pilot Study of Eye-Tracking-Based Dynamic Tasks to Assess Unilateral Spatial Neglect After Stroke

Yu-xuan Yang[1]，Han Zhang[1]，Juan Du[1]，Ling-ling Wang[2]，Yu-lei Xie[2]，Kai-ming Yin[1]，Bo Zhang[1]*

1. Department of Rehabilitation Medicine, The second clinical medical school of Sichuan North Medical College. Nanchong Central Hospital, NanChong 637000, China

2. Department of Rehabilitation Medicine, The Affiliated Hospital of Sichuan North Medical College, Nan Chong, 637000 China

**Corresponding authors: Bo Zhang, Chief Physician, Master's degree supervisor；E-mail: 79915726@qq.com*

【Abstract】 **Background** Unilateral spatial neglect (USN) is one of the common cognitive impairments after stroke, which severely affects the functional recovery and quality of life of patients. Therefore, objective assessments are essential to facilitate patients' functional recovery. **Objective** Eye-tracking-based technology is being tried as a novel assessment tool, and here we attempt to explore the feasibility of an eye-tracking-based dynamic task to assess unilateral spatial neglect in patients with subacute stroke. **Methods** Thirty inpatients with subacute stroke were recruited from September 2021 to July 2022 at the Department of Rehabilitation Medicine, Nanchong Central Hospital. Patients were assessed on the USN clinical scale (Behavior Inattention Test-Conventional Group and Catherine Bergego Scale) and dynamic task based on eye tracking, and the results were analyzed for correlation. **Results** Left-sided USN patients showed a significantly higher percentage of right-sided gaze points than non-UNS patients (Z=-4.776, p=0.000), and there was a significant difference in the percentage of left- and right-sided gaze points between left-sided USN patients (Z=-3.49, p=0.000); BIT-C and eye-tracking-based dynamic task assessment showed a high agreement in the detection results of USN patients (Kappa=0.933, p=0.000). Pearson correlation analysis showed a significant negative correlation between the percentage of right gaze points and the total BIT-C score (r=-0.955, p=0.000);

chinaXiv:202211.00224v1

ChinaXiv合作期刊

CBS and eye-tracking-based dynamic task showed high agreement in the assessment of whether the patient was USN (Kappa=0.867, p= 0.000). **Conclusions** An eye-tracking-based dynamic task to assess USN is feasible, and its results are highly consistent with both neuropsychological (BIT-C) and ecological (CBS) assessments, and the assessment process is less time-consuming, highly participatory and motivating for patients, and can be a complement to the standard USN assessment.

【Key words】 stroke; unilateral spatial neglect; eye-tracking; dynamic task; feasibility study

前言

脑卒中是全球第二大死亡原因以及主要的致残原因，已成为国际广泛关注的卫生问题[1]。平均每三个脑卒中幸存者中就有一个被诊断为单侧空间忽略（Unilateral Spatial Neglect, USN）[2]，其中以右侧脑损伤患者更为多见。单侧空间忽略也可见于其他类型的脑损伤患者，其病因主要与空间信息处理和注意力控制相关的神经网络受损有关[3]。单侧空间忽略被定义为在没有其他感觉或运动功能障碍的情况下，患者不能对来自脑损伤对侧的各种环境刺激产生反应[4]。研究显示，约 40%的 USN 患者会持续受到忽略症状的影响[5, 6]。忽略症状会破坏患者基本的自理活动（如穿衣、梳洗）、损害姿势平衡[7, 8]、干扰阅读能力[9, 10]；USN 还严重影响住院病人的康复过程，导致住院时间延长[11-13]，增加家庭负担[14]。重要的是，许多 USN 患者在疾病初期没有意识到自身的症状或其可能导致的后果[15-17]，这使得他们不能及时寻求适当的治疗或学习补偿策略。USN 对卒中幸存者及其家庭的深远影响，强调了临床实施有研究依据的评估和循证治疗的必要性。通过客观评估确定 USN 的存在和严重程度，有助于指导多学科康复，以减轻或消除 USN 的不利影响[18]

尽管已有大量文献研究，但临床医生对识别 USN 和监测治疗后改善的方法仍未达成共识；对 USN 进行准确的、全面的评估仍是临床的一大挑战。临床对于 USN 多采用神经心理学评估，如基于纸笔的取消任务、线条二等分、阅读测试等[18]，凯瑟琳波哥量表(Catherine Bergego Scale, CBS)[19]等生态性评估作为相关评估手段进行康复评定。基于眼动追踪的技术正在被尝试作为新型的评估手段，在一项早期检测轻度认知障碍和阿尔茨海默病的认知下降的研究显示眼动追踪测试能够有效区分正常受试者、阿尔兹海默症患者和轻度认知障碍患者的认知功能[20]。此外，眼动追踪技术也被用于 USN 的评估，Baheux K[21]和 Broeren J[22]等人使用眼动追踪装置监测静态任务中的忽略，参与者在虚拟环境（电脑）中进行线段二分测试，(线段、字母、星星）删除测试等，但基于静态任务的评估缺乏评估过程中的动态信息和生态有效性；Gomes Paiva, A. F.[23]等人使用可佩戴式眼动追踪眼镜研究患者在现实环境中步行并探索左右侧的目标刺激的时间花费来评估 USN，然而大多数急性期以及亚急性期的患者通常不具备现实环境步行的能力。

因此，我们尝试探索在动态任务中使用眼动追踪技术以辅助筛查、评估亚急性期脑卒中患者的 USN。动态任务允许患者在动态空间中自由探索以寻找目标刺激物，相比静态任务更具有现实意义，同时也增加了一定程度的认知需求[24]。此外，该范式基于眼动交互技术能便捷的对患者进行评估，单次动态任务仅耗时两分钟；并且可应用于因手部功能障碍而无法完成量表评定的人群。综上所述，我们推测该技术用于评估 USN 具有相当大的应用前景。

1 资料与方法

该研究得到了南充市中心医院伦理委员会的批准，并获得了所有入选患者的知情同意。该研究已在中国临床试验注册中心注册（ChiCTR2100049482）。

1.1 一般资料

2021 年 9 月到 2022 年 7 月，在南充市中心医院康复医学科招募了 30 名脑卒中后亚急性期住院患者。纳入标准：(1）符合脑卒中诊断标准，经电子计算机断层扫描（CT）或核磁共振成像（MRI）证实存在脑出血或脑梗死；(2）年龄 18-80 岁；(3）处于脑卒中的亚急性期（发病后 1-6 个月）；(4）简易智力状态检查量表（Mini-mental State Examination, MMSE）得分≥10 分，或能够配合治疗师完成试验；(5）视野完整或矫正后正常；(6）病情稳定，能在坐位下完成试验。排除标准：(1）有神经损伤或精神史；(2）严重的综合失语症并难以遵循治疗师的指导；(3）严重的听力损失；(4）未签署知情同意书

1.2 方法

治疗师通过对比视野检查术（动态法）粗略测量周边视野：检查者和被检者相对而坐，眼的高度在同一水平上，距离半米；检查右眼时，被检查右眼与检查者左眼相互注视，并各遮盖另眼；检查者用手指置二人等距离处，自各个方向的周边向中心缓慢移动，如二人同时看到手指，一般属正常视野。采用中文版简易智力状态检查量评估患者的认知水平[25]；对所有符合纳入标准并签署知情同意书的入组患者的年龄、性别、惯用手、中风后天数、脑损伤位置、认知水平等一般资料进行采集；惯用手通过爱丁堡惯用手调查表评估[26]。

纸笔测试是临床最常用的 USN 评估方法，行为不集中测试常规分项(Behavior Inattention Test-Conventional

chinaXiv:202211.00224v1

Group, BIT-C）包含了多项纸笔测试内容；CBS 被推荐为最适合住院患者的 USN 评估方式[27]，因此，我们在本研究选用了这两种评估方式作为标准与基于眼追踪的动态任务评估结果进行比较。所有患者在一周内完成 BIT-C、CBS 以及基于眼动追踪的动态任务评估，研究人员记录患者的评估结果和患者在评估过程中的不良反应，并按评估方式将评估结果分为眼动追踪动态任务评估组、BIT-C 组以及 CBS 组。

1.3　观察指标及评价

1.3.1　基于眼动追踪的动态任务评估

基于眼动追踪的动态任务评估是用高性能的眼动追踪装置（图 1，杭州极智医疗科技有限公司，型号:JZ-RZ-20US）进行眼动追踪分析。每个受试者坐在离设备 60 厘米的地方，双手分别握住两侧的扶手以便受试者在完成任务的过程中能保持姿势相对固定（若受试者一侧或双侧肢体无法进行抓握，则由其家属辅助以固定姿势），保证其上半身及头部不出现大幅度偏移。治疗师调整受试者的位置以便他们的眼睛可以被设备检测到（图 1）。在开始评估之前，受试者需要通过凝视显示器上的 3 个校准点（2 次）完成设备校准。显示器下的眼动追踪设备是基于瞳孔-角膜反射技术实现的，其具有精度高、非接触、无创等优点。屏幕的左右侧设定了 2 个兴趣区域（region of interest，ROI），该设备会自动提供一个左右侧屏幕的注视点（眼搜索和凝视）百分比值。我们人为的将屏幕分为了 4 个区域（以屏幕上下边 1/4 点连线将其分为左内、左外、右内、右外，图 2），根据患者注视点的空间分布情况将患者分为：非 USN 患者（注视点分布于 4 个区域），USN 患者（注视点未分布于 4 个区域）。



图 1　基于眼动追踪的动态任务评估设备

Figure 1　Eye-tracking-based dynamic task evaluation device

chinaXiv:202211.00224v1

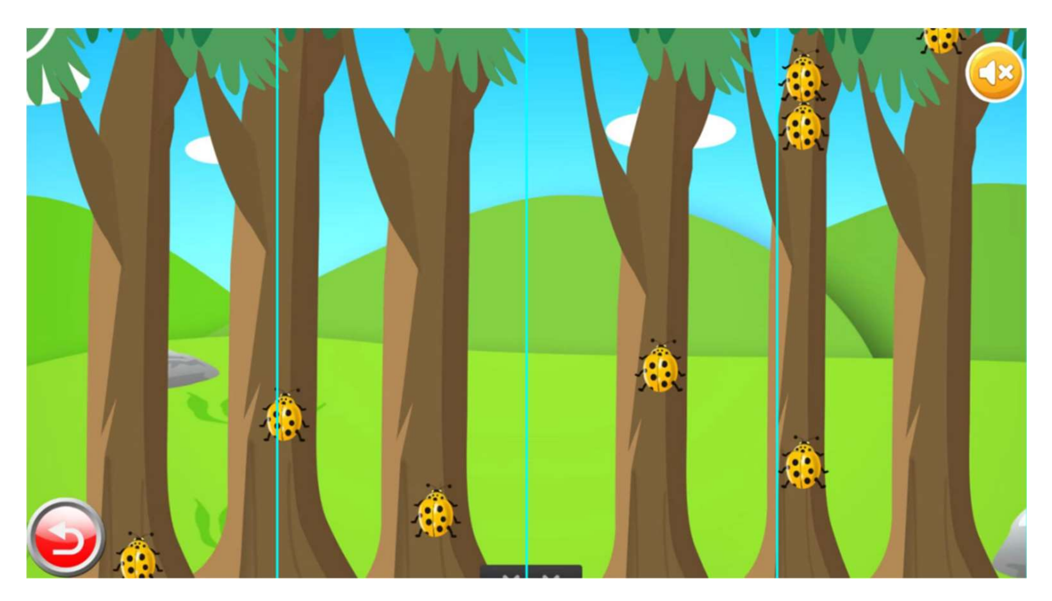


图 2 眼动追踪装置屏幕分区

Figure 2 Screen zoning for eye-tracking devices

认知康复训练与评估系统内的击落昆虫任务（两侧、简单等级）被选用作为动态任务，评估过程中电脑显示器的左右侧会随机出现自下而上移动的昆虫，受试者被告知搜寻显示器上的目标刺激（昆虫），通过凝视目标刺激将其击落，直至评估过程结束；评估过程共计 2 分钟。在正式评估之前治疗师为患者讲解相关要求和方法，患者有一次练习机会，练习过程在确认患者掌握方法即停止，而后正式开始评估。

由一名专业的康复治疗师（DJ）完成所有患者基于眼动追踪的动态任务评估，治疗师（DJ）不知道患者的临床评估结果。

1.3.2 临床量表评估

凯瑟琳波哥量表（CBS）是一个生态性的单侧空间忽略评价工具，具有良好的可靠性和有效性[28]。该量表由 10 个项目组成，包括梳洗、穿衣、进食、嘴部清洁、注视方向、对肢体的意识、听觉注意、碰撞、空间定位、寻找物品；每个项目的分数从 0（正常）到 3（严重的单侧忽视）。根据得分，可将严重忽略区分为三个等级：1-10（轻度忽略），11-20（中度忽略），21-30（严重忽略）。

行为不集中测试的常规分项（BIT-C）包括广泛使用的纸笔测试[29]：(a)线段、字母和星星删除测试，(b)图形和形状抄写，(c)线段二等分，(d)代表性绘图；每项测试的分数之和得出 BIT-C 的总分，范围为 0 至 146。BIT-C 测试的分界值是 129 分，低于 129 分被诊断为 USN，分数越低表示忽略程度越严重。

(a) 在删除测试中，刺激目标呈现在一张 A4（210mm×297mm）纸上，病人须尽可能划掉所有的线、字母 "E " 和 "R "以及所有的小星星；该测试没有时间限制，被漏掉的目标数量会被记录。这些删除测试的最高分数分别为 36、40 和 54；分界值分别为 34、32、51。

(b) 在图形和形状抄写中，受试者须抄写三个图形（一个四角星、一个立方体、一朵花），以及三个由线条组成的图形，在一张 A4 纸上表示。最高分数为 4 分，分界值为 3 分。

(c) 在线条二等分中，三条 20 厘米的水平线呈现在一张 A4 纸上，患者被要求寻找空间分布的水平线，并尽可能准确地做出标记将每条线从中间一分为二。根据标记点与每条线的中点之间的距离，得分从 0 到 3（0~1cm 3 分；1~2cm 2 分；2~3cm 1 分；>3cm 0 分），最高分是 9 分，分界值为 7 分。

(d) 在代表性绘图中，患者应根据自己的记忆在一张 A4 纸上画出一个钟、一个人和一只蝴蝶。根据对称性，判断每幅画的得分（0 不对称，1 对称），最高分为 3 分，分界值为 2 分。

由一名专业的康复治疗师（XYL）完成临床评估，治疗师（XYL）不知道患者基于眼动追踪的动态评估结果。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 对所得数据进行统计学分析，连续变量符合正态分布采用均数±标准差（x±s）表示，偏态分布采用中位数（四分位数）表示。对眼动追踪的动态任务评估组数据使用正态性检验确定样本量的正态性，若符合正态分布采用两个独立样本的 T 检验分析 USN 患者和非 USN 患者在右（左）侧注视点占比的差异，反之使用 Mann-Whitney U 检验；若符合正态分布采用配对样本 T 检验分析 USN 患者（非 USN 患者）各自左右侧注视点占比差异；反之使用 Wilcoxon 符号秩检验评估；Pearson 相关性分析被用来分析右侧注视点占比与 BIT-C 总分之间的关系。使用配对卡方检验中的 Cohen′s Kappa 一致性检验来分析 BIT-C 组、CBS 组评估结果与基于眼动追踪的动态任务评估组结果之间的关系。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

chinaXiv:202211.00224v1

ChinaXiv合作期刊

2 结果

2.1 纳入研究对象结果

30 名亚急性脑卒中患者最终被纳入数据分析，其中男性 19 名、女性 11 名；年龄 34～78 岁、平均年龄(60.27 ± 11.51)岁；纳入患者多为右利手（96.7%）。其中一名受试者（患者 24）因运动性失语而无法完成 MMSE 评估，但能够配合治疗师完成试验。受试者的一般资料汇总见表 1。

表 1 受试者一般资料

Table 1 General demographic data of subjects

	人口学特征（N=30）
年龄（岁）	60.27 ± 11.51
性别	男/女（19/11）
惯用手	右利手/左利手/左右利手（29/0/1）
中风后天数（天）	69.23 ± 40.73
病灶半球	右侧半球/左侧半球/双侧半球（19/5/6）
MMSE（N=29）	23.93±4.79

注：以均数±标准差表示；MMSE=简易智力状态检查量表

2.2 基于眼动追踪动态任务评估结果

基于眼动追踪的动态任务结果显示，表 2，30 名患者中有 14 名患者被定义为左侧 USN 患者：3 名患者注视点仅分布在右外侧区域，8 名患者注视点分布在右内、右外侧区域，3 名患者注视点分布在左内侧和右内、右外侧区域；余下 16 名患者为非 USN 患者，注视点皆分布在 4 个区域。USN 患者在右侧屏幕注视点占比明显高于非 UNS 患者（Z=-4.776，p=0.000），且 USN 患者左右侧屏幕间注视点占比存在显著性差异（Z=-3.49，p=0.000），表明左侧 USN 患者在动态任务中更倾向在右侧屏幕上搜寻和击落昆虫，忽略掉左侧空间；表 3。

表 2 受试者临床评估结果

Table 2 Clinical evaluation results of subjects

病人	病灶位置	BIT—C 线段删除	字母删除	星星删除	图形抄写	线段二等分	代表性绘图	总分	CBS	基于眼动追踪的动态任务评估
1	右侧额颞枕，岛叶及基底节区	18	9	19	0	0	0	46	12	USN
2	双侧半卵圆中心，基底节区	9	6	13	0	0	0	28	7.5	USN
3	右侧额颞顶叶区	12	8	6	0	1	0	27	26.25	USN
4	右侧额颞枕顶岛叶，基底节外囊区	30	28	40	2	5	1	106	6.7	USN
5	右侧额颞枕叶，岛叶	14	1	8	1	0	0	24	7.78	USN
6	双侧基底节区	15	19	17	1	8	0	60	8.89	USN
7	右侧额颞顶叶区	6	5	12	0	0	0	23	18.9	USN
8	右侧基底节区	15	5	15	1	4	0	41	28.3	USN
9	右侧基底节-外囊区	34	29	49	1	0	0	113	10	非 USN
10	右侧额颞顶叶区	18	29	19	0	0	0	66	3.3	USN
11	右顶叶、基底节区	17	10	19	0	1	0	47	8.75	USN
12	右侧基底节区	36	17	32	2	7	3	97	8.6	USN
13	右侧额颞顶叶区	18	12	23	1	3	0	57	15	USN
14	右侧额颞顶叶区	11	6	24	0	5	1	47	8.75	USN
15	右侧额颞顶叶、基底节区	18	9	24	0	0	0	51	15	USN
16	左侧颞叶-基底节，外囊区	36	37	53	4	9	2	141	0	非 USN

chinaXiv:202211.00224v1

ChinaXiv合作期刊

17	右侧颞叶、外囊-侧脑室旁	36	38	52	3	8	3	140	2	非 USN
18	左侧岛叶、额颞顶叶区	36	38	53	3	9	3	142	0	非 USN
19	脑桥右侧，左侧小脑半球及小脑蚓部	36	39	54	3	9	3	144	0	非 USN
20	右侧额顶叶，基底节-外囊区	36	40	52	4	9	2	143	0	非 USN
21	右侧额颞顶枕叶	36	39	52	3	9	3	142	0	非 USN
22	左侧脑干	36	39	54	3	9	3	144	0	非 USN
23	右侧额颞顶叶区	36	39	53	3	9	3	143	0	非 USN
24	右侧额颞顶叶区	36	39	53	3	9	3	143	0	非 USN
25	左侧侧脑室旁	36	38	54	4	8	3	143	0	非 USN
26	右侧脑室	36	40	54	3	9	2	144	0	非 USN
27	右侧基底节-外囊区	36	40	54	3	9	3	145	0	非 USN
28	左侧基底节区、侧脑旁室	36	37	54	4	8	3	142	0	非 USN
29	双侧顶枕叶、丘脑	36	38	52	4	9	3	142	0	非 USN
30	双侧额顶颞叶、半卵圆中心，侧脑室旁	36	36	53	4	9	3	141	0	非 USN

注：BIT-C=行为不集中测试的常规分项，CBS=凯瑟琳波哥量表，USN=单侧空间忽略

表 3　受试者基于眼动追踪组动态任务评估的左右侧注视点比较

Table 3　Comparison of left and right side injection viewpoints of subjects

	右侧注视点占比	左侧注视点占比	Z/t	P
USN 患者	100%（98.25%，100%）	0%（0%，1.5%）	-3.49	0.000
非 USN 患者	50.56%±6.56%	48.44%±6.56%	0.648	0.527
Z/t	-4.776	-4.776	/	/
P	0.000	0.000	/	/

注：正态分布资料采用均数±标准差描述，偏态分布资料采用中位数与四分位间距描述；USN=单侧空间忽略

2.3　临床量表评估结果

所以患者都完成了 BIT-C、CBS 量表评估，结果详见表 2。BIT-C 评估结果显示 15 名患者的分数小于 129 分被诊断为 USN 患者，而余下 15 名得分较高者被归类为非 USN 患者。CBS 评估显示 16 名患者存在不同程度的 USN，其余 14 人为非 USN 患者。

2.4　相关性分析

基于眼动追踪的动态任务评估显示 14 名患者被定义为左侧 USN 患者，16 名非 UNS 患者。BIT-C 评估结果显示 15 名患者被诊断为左侧 USN 患者，15 名非 USN 患者。仅有一名忽略程度较轻的患者（BIT-C 得分为 113）在基于眼动追踪的动态评估任务中显示为非 USN 患者。BIT-C 和基于眼动追踪的动态任务评估在 USN 患者的检出结果上表现出了高度的一致（Kappa=0.933，P=0.000）。Pearson 相关性分析显示，右侧注视点占比与 BIT-C 总分存在显著的负相关（r=-0.955，p=0.000），散点图见图 3。

CBS 评估结果显示 16 名患者被诊断为左侧 USN 患者，14 名非 USN 患者。相较于基于眼动追踪的动态评估，CBS 额外检测出 2 名轻度忽略的患者；Cohen′s Kappa 一致性检验显示，两种评估方式对患者是否为 USN 的评估结果具有较高的一致性（Kappa=0.867，P=0.000）。

2.5　安全性和耐受性

试验期间无任何不良事件发生并被记录，参与者认为基于眼动追踪装置的动态任务新奇，有趣，对此有很高的接受度。

chinaXiv:202211.00224v1

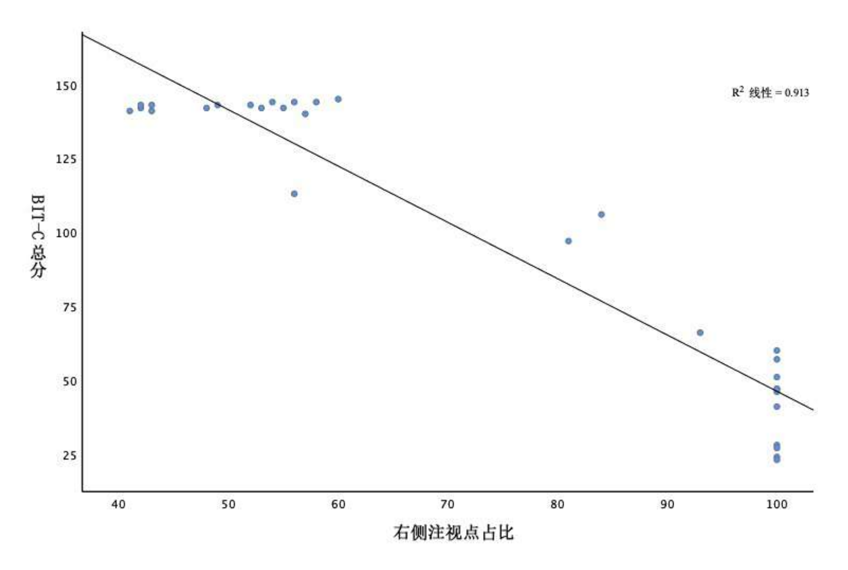


图 3　受试者右侧注视点占比与 BIT-C 总分的散点图

Figure 3　Scatter plot of the percentage of right gaze points and the total BIT-C score

3　讨论

单侧空间忽略是脑卒中后常见的致残性疾病[30]，也可见于其他类型的脑损伤患者[31, 32]，这项研究表明基于眼动追踪的动态任务在监测和康复指导亚急性期脑卒中患者 USN 具有较大潜力。眼动追踪装置可以实时记录动态任务的评估过程，并直观的展示眼球运动轨迹（眼搜索和凝视），使临床医生能够评估患者的视觉搜索方式，并分析诸如探索左右空间的时间或两侧注视点的数量等方面，以进一步指出与中风后 USN 有关的重大空间困难。

临床上常用经典的纸笔测试对患者的忽略水平进行评估，这些简单的纸笔测试侧重于评估忽略患者搜索/删除静态刺激的能力，虽然其可以直接表达患者对一侧的目标搜索性能降低的忽略，但很少能获得病人如何动态扫描和探索的信息。此外，静态的纸笔测试缺乏现实意义，在现实生活中我们常常需要将注意力分散到多个物体上，并监测物体的移动，因此我们在这项试验中使用动态任务，允许受试者在动态空间内自由搜寻目标，提供了更多的生态有效性；并通过监测患者在动态空间内由动态目标引起的眼球搜索和凝视进行 USN 评估。

先前的研究显示，USN 患者倾向在脑损伤同侧空间进行重复性行为[33]，并表现出同侧注意偏向。在典型的视觉行为中，眼球运动和空间注意力密切相关[34]，眼球运动（搜索和凝视）的空间偏向可能是 USN 的典型标志。在静态刺激的视觉搜索中，左侧 USN 患者很少发现在左外侧区域的目标[35]；我们的研究发现这种视觉搜索的偏向也存在于动态任务中，在执行动态任务时左侧 USN 患者在左侧视觉空间的时间花费（注视占比）明显少于右侧，且与非 USN 患者在右侧注视占比存在显著差异（Z=-4.766，P=0.000）；并且注视分布的空间偏差与忽略的严重程度相关（以 BIT-C 的分数为指标）。有趣的是一名被 BIT-C 诊断为左侧 USN 但是症状较轻的患者（BIT-C 得分 113）在基于眼动追踪的动态任务中表现出正常的注视点空间分布，这一结果提示随着 BIT-C 得分的增加，患者左右视野之间的注视分布可能逐渐发生变化。基于注视点的空间分布不能完全准确的诊断忽略程度较轻患者，但是整体诊断结果显示出与 BIT-C 较高的一致性。右侧注视占比与 BIT-C 总分也存在显著的负相关性关系，忽略程度较重的患者在右侧视野内有更多的注视，甚至仅局限于右外侧区域。

眼球自由移动的动态刺激范式相对于静态刺激表现出更多的生态有效性，因此我们还分析了生态性评估结果与基于眼动追踪的动态任务评估结果的一致性。我们使用了凯瑟琳波哥量表作为生态性的评估方式，该量表是具有较高敏感性，曾被 Azouvi，P [29]等人建议其作为住院患者 USN 最适宜的评估。研究结果显示两种评估方式对患者非否为 USN 的评估结果具有较高的一致性，Kappa 系数为 0.867。有一名在 CBS 评估中表现出对患侧肢体的忽略被诊断为轻度忽略的患者，但未被基于眼动追踪的动态任务和 BIT-C 检出。这一结果提示，基于视觉的单侧忽略评估和基于行为观察的单侧忽略评估结果可能存在分离，印证了 USN 是一种复杂的神经综合征，尚无单一的测试可以完全准确识别这种疾病[36]。

基于我们的研究发现，我们认为特定方向的眼球运动特性可以提供一种有效的方式来量化忽略症状。然而本研究作为一项初步研究，因而存在着样本量较小的局限，我们正在扩大样本量进一步研究。此外我们主要研究了基于眼动追踪的动态任务在亚急性期患者中的评估，对于急性期或者慢性期脑卒中患者的敏感性和可靠性方面还需要进一步的研究。仅根据注视点的空间分布作为证据来判断患者是否为USN还略显薄弱，出现了轻度忽略的患者的漏诊，但考虑到我们研究纳入的样本量较小未对忽略严重程度进行分层分析，尚不能确定基于眼动追踪的动态任务对于轻度忽略患者的敏感性。此外，在本研究中我们使用了简单等级的动态任务，是否更高的难度等级（目标移动越快，同一时间目标数越多）的动态任务能够更敏感的检测轻度忽略的患者，还有待进一步研究证实。考虑到作为一项可

chinaXiv:202211.00224v1

ChinaXiv合作期刊

行性研究，我们这项研究为未来试验奠定了基础。未来研究可以继续探讨 USN 患者的眼动特征，提出更精准的判断标准。

总的来说，这项研究提供了一个概念证明，用眼动追踪的动态任务来评估 USN 可能是可行的，基于眼动追踪的动态任务评价效率高，更简单有趣，易被患者接受，并且可应用于因手部功能障碍而无法完成量表评定的人群，但其尚不能完全取代凯瑟琳波哥量表（CBS）和行为不集中测试的常规分项（BIT-C）对 USN 的完整性评估。基于眼动追踪的评估方式值得我们进一步研究。

无利益冲突情况

参考文献

[1] COLLABORATORS G B D S. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. Lancet Neurol, 2021, 20(10): 795-820.

[2] ESPOSITO E, SHEKHTMAN G, CHEN P. Prevalence of spatial neglect post-stroke: A systematic review [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2021, 64(5): 101459.

[3] CORBETTA M, SHULMAN G L. Spatial neglect and attention networks [J]. Annu Rev Neurosci, 2011, 34: 569-99.

[4] HEILMAN K M, VALENSTEIN E, WATSON R T. Neglect and related disorders [J]. Semin Neurol, 2000, 20(4): 463-70.

[5] NIJBOER T C, KOLLEN B J, KWAKKEL G. Time course of visuospatial neglect early after stroke: a longitudinal cohort study [J]. Cortex, 2013, 49(8): 2021-7.

[6] RENGACHARY J, HE B J, SHULMAN G L, et al. A behavioral analysis of spatial neglect and its recovery after stroke [J]. Front Hum Neurosci, 2011, 5: 29.

[7] NIJBOER T C, TEN BRINK A F, VAN DER STOEP N, et al. Neglecting posture: differences in balance impairments between peripersonal and extrapersonal neglect [J]. Neuroreport, 2014, 25(17): 1381-5.

[8] VAN NES I J, VAN KESSEL M E, SCHILS F, et al. Is visuospatial hemineglect longitudinally associated with postural imbalance in the postacute phase of stroke? [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2009, 23(8): 819-24.

[9] BOUKRINA O, CHEN P, BUDINOSKA T, et al. Exploratory examination of lexical and neuroanatomic correlates of neglect dyslexia [J]. Neuropsychology, 2020, 34(4): 404-19.

[10] VALLAR G, BURANI C, ARDUINO L S. Neglect dyslexia: a review of the neuropsychological literature [J]. Exp Brain Res, 2010, 206(2): 219-35.

[11] DI MONACO M, SCHINTU S, DOTTA M, et al. Severity of unilateral spatial neglect is an independent predictor of functional outcome after acute inpatient rehabilitation in individuals with right hemispheric stroke [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2011, 92(8): 1250-6.

[12] CHEN P, HREHA K, KONG Y, et al. Impact of spatial neglect on stroke rehabilitation: evidence from the setting of an inpatient rehabilitation facility [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96(8): 1458-66.

[13] TARVONEN-SCHRODER S, NIEMI T, KOIVISTO M. Comparison of functional recovery and outcome at discharge from subacute inpatient rehabilitation in patients with right or left stroke with and without contralateral spatial neglect [J]. J Rehabil Med, 2020, 52(6): jrm00071.

[14] CHEN P, FYFFE D C, HREHA K. Informal caregivers' burden and stress in caring for stroke survivors with spatial neglect: an exploratory mixed-method study [J]. Top Stroke Rehabil, 2017, 24(1): 24-33.

[15] CHEN P, TOGLIA J. Online and offline awareness deficits: Anosognosia for spatial neglect [J]. Rehabil psychol, 2019, 64(1): 50-64.

[16] RONCHI R, BOLOGNINI N, GALLUCCI M, et al. (Un)awareness of unilateral spatial neglect: a quantitative evaluation of performance in visuo-spatial tasks [J]. Cortex, 2014, 61(null): 167-82.

[17] VALLAR G, BOTTINI G, STERZI R. Anosognosia for left-sided motor and sensory deficits, motor neglect, and sensory hemiinattention: is there a relationship? [J]. Prog brain res, 2003, 142(null): 289-301.

[18] AZOUVI P, BARTOLOMEO P, BEIS J M, et al. A battery of tests for the quantitative assessment of unilateral neglect [J]. Restor Neurol Neurosci, 2006, 24(4-6): 273-85.

[19] AZOUVI P, OLIVIER S, DE MONTETY G, et al. Behavioral assessment of unilateral neglect: study of the psychometric properties of the Catherine Bergego Scale [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2003, 84(1): 51-7.

[20] TADOKORO K, YAMASHITA T, FUKUI Y, et al. Early detection of cognitive decline in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease with a novel eye tracking test [J]. J Neurol Sci, 2021, 427: 117529.

chinaXiv:202211.00224v1

ChinaXiv合作期刊

[21] BAHEUX K, YOSHIZAWA M, YOSHIDA Y. Simulating hemispatial neglect with virtual reality [J]. J Neuroeng Rehabil, 2007, 4: 27.

[22] BROEREN J, SAMUELSSON H, STIBRANT-SUNNERHAGEN K, et al. Neglect assessment as an application of virtual reality [J]. Acta neurol scand, 2007, 116(3): 157-63.

[23] GOMES PAIVA A F, SORRENTINO G, BIGNAMI B, et al. Feasibility of assessing post-stroke neglect with eye-tracking glasses during a locomotion task [J]. Ann phys rehabil med, 2021, 64(5): 101436.

[24] SPREIJ L A, TEN BRINK A F, VISSER-MEILY J M A, et al. Increasing cognitive demand in assessments of visuo-spatial neglect: Testing the concepts of static and dynamic tests [J]. J clin exp neuropsyc, 2020, 42(7): 675-89.

[25] KATZMAN R, ZHANG M Y, OUANG YA Q, et al. A Chinese version of the Mini-Mental State Examination; impact of illiteracy in a Shanghai dementia survey [J]. J Clin Epidemiol, 1988, 41(10): 971-8.

[26] OLDFIELD R C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory [J]. Neuropsychologia, 1971, 9(1): 97-113.

[27] AZOUVI P. The ecological assessment of unilateral neglect [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2017, 60(3): 186-90.

[28] AZOUVI P, SAMUEL C, LOUIS-DREYFUS A, et al. Sensitivity of clinical and behavioural tests of spatial neglect after right hemisphere stroke [J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2002, 73(2): 160-6.

[29] WILSON B, COCKBURN J, HALLIGAN P. Behavioural Inattention Test; Manual, Fareham [J]. 1987.

[30] OSAWA A, MAESHIMA S. Unilateral Spatial Neglect Due to Stroke [M]//DEHKHARGHANI S. Stroke. Brisbane (AU). 2021.

[31] CHEN P, WARD I, KHAN U, et al. Spatial Neglect Hinders Success of Inpatient Rehabilitation in Individuals With Traumatic Brain Injury: A Retrospective Study [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2016, 30(5): 451-60.

[32] CHEN P, LANDER V, NOCE N, et al. Prism adaptation treatment for spatial neglect post brain tumour removal: A case report [J]. Hong Kong J Occup Ther, 2020, 33(1): 25-9.

[33] KAUFMANN B C, FREY J, PFLUGSHAUPT T, et al. The spatial distribution of perseverations in neglect patients during a nonverbal fluency task depends on the integrity of the right putamen [J]. Neuropsychologia, 2018, 115(null): 42-50.

[34] WALLE K M, NORDVIK J E, BECKER F, et al. Unilateral neglect post stroke: Eye movement frequencies indicate directional hypokinesia while fixation distributions suggest compensational mechanism [J]. Brain Behav, 2019, 9(1): e01170.

[35] MACHNER B, KÖNEMUND I, VON DER GABLENTZ J, et al. The ipsilesional attention bias in right-hemisphere stroke patients as revealed by a realistic visual search task: Neuroanatomical correlates and functional relevance [J]. Neuropsychology, 2018, 32(7): 850-65.

[36] BUXBAUM L J, FERRARO M K, VERAMONTI T, et al. Hemispatial neglect: Subtypes, neuroanatomy, and disability [J]. Neurology, 2004, 62(5): 749-56.

chinaXiv:202211.00224v1